LITERATUR.

1947. BERNHARD, W. *Regenerationshemmung und Auslösung epithelialer Wucherungen durch Colchicin am Schwanz von Rana-Larven.* Rev. Suisse Zool. *54*: 713.
1945. FANKHAUSER, G. *The effects of changes in Chromosome number on amphibian development.* Quart Rev. Biology *20*: 20.
1945. HINTZSCHE, E. *Statistische Probleme aus der Kerngrössenforschung.* Exper. *1*: 103.
1945. LEHMANN, F. E. *Einführung in die physiologische Embryologie.* Birkhäuser. Basel.
1947. —— *Chemische Beeinflussung der Zellteilung.* Exper. *3*: 223.
1947. PFLUGFELDER, O. *Geschwulstartige Wucherungen embryonaler Transplantate in Carausius morosus, nach experimenteller Störung des Hormonhaushalts.* Biol. Zbl. *66*: 372.

N° 17. **E. Kupka.** — Chromosomale Verschiedenheiten bei schweizerischen Coregonen (Felchen).[1] Mit 9 Textabbildungen.

Aus dem Zoolog. vergl.-anat. Institut der Universität Zürich.

Nach der so eingehenden Erforschung der chromosomalen Verhältnisse skandinavischer Salmoniden durch SVÄRDSON (1945) waren 2 Tatsachen zu Tage getreten, die ein weiteres Studium von Vertretern dieser Gruppe interessant und aussichtsreich erscheinen liess. Einerseits war gezeigt worden, dass trotz hoher Chromosomenzahl durch geeignete Methodik die zytologische Analyse recht weit getrieben werden kann und anderseits erinnern die von ihm wiedergegebenen Chromosomensätze stark an polyploide Verhältnisse.

Da überdies die systematische Bearbeitung der Coregonen durch die grosse Anzahl verschiedener Formen, von denen man derzeit nicht weiss, ob es sich um oekologische Rassen oder um getrennte Arten handle, kaum zu sicheren Erkenntnissen gelangen konnte, erschien es als sehr wünscheswert nachzusehen, in wie weit funda-

---

[1] Ich möchte schon an dieser Stelle Herrn Prof. HADORN für die Anregung zu dieser Studie und insbesondere Prof. STEINMANN für seine freundliche Unterstützung sowie wertvolle Ratschläge herzlichst danken.

mentale chromosomale Verschiedenheiten zwischen den verschiedenen Formen vorliegen.

Es wurden zu dieser vorläufigen Studie zwei Coregonen aus dem Zürichsee, der Sandfelchen *(Coregonus schinzii duplex Fat.)* und das Albeli *(C. asperi maraenoides Fat.)* und zwei Formen aus dem

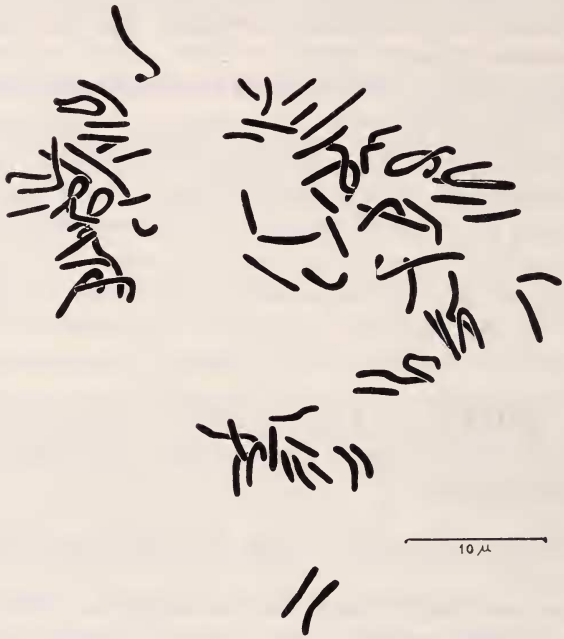

Abb. 1.
Coregonus schinzii duplex Fat. (Sandfelchen) aus dem Zürichsee, Metaphaseplatte aus den ersten Furchungszellen. KES-Quetschpräparat.

Vierwaldstättersee, der Blaufelchen *(C. wartmanni coeruleus Fat.)* und das Weissfischchen *(C. exiguus albellus Fat.)* herangezogen. Bei diesen 4 Formen wurden die Chromosomenverhältnisse an den ersten Furchungskernen (3-4 Tage nach der Befruchtung) nach der bekannten Carmin-Eisessig-Quetschpräparatmethode studiert.

Die Analyse der Sandfelchen ergab die Zahl von etwa 72 Chromosomen (Abb. 1), die nach Form und Grösse geordnet, stark den Eindruck erwecken, als würden Vierer-Gruppen vorliegen (Abb. 2). Eine Ausnahme bilden lediglich die beiden grossen SAT-Chromosomen, denen 2 ungefähr gleich grosse Chromosomen ohne

feststellbare Satelliten entsprechen und die beiden besonders langen verschlungenen Chromosomen, denen anscheinend etwas kürzere aber ebenfall besonders stark gewundene Chromosomen entsprechen müssen.

Wohl hatten sowohl Svärdson (1945) als auch Prokofiewa (1934) bei Coregonen 80 Chromosomen feststellen können, dem gegenüber finden wir aber in den Arbeiten der älteren Literatur

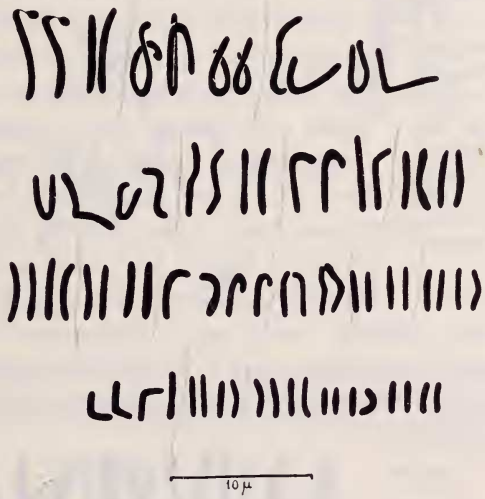

Abb. 2.

Chromosomen aus der in Abb. 1 dargestellten Aequatorialplatte einzeln herausgezeichnet und ungef. nach Form und Grösse geordnet (ca. 72 Chromosomen).

Schwarz (1887), Behrens (1898), Opperman (1913) und Mrsic (1923) für die Salmoniden 12 bzw. Vielfache davon, als Chromosomenzahlen angegeben. Wie weit für unser Sandfelchen die Zahl 72, die sich gut in die 12er-Reihe einpassen würde, als endgültig betrachtet werden kann, könnte erst auf Grund eines grösseren Untersuchungsmaterials gesagt werden. Für die vorliegende Diskussion genügt aber bereits vollkommen die Feststellung, dass über 70 Chromosomen anzutreffen sind.

Es war nun sehr reizvoll, feststellen zu können, dass beim Albeli ganz andere Verhältnisse vorliegen. Eine Analyse der Metaphase-

platten (Abb. 3) führte zur Auffindung von nur etwa 36 Chromosomen; wobei es hier offenbar nicht gelingt, Vierer-Gruppen, wie wir sie beim Sandfelchen fanden, zusammen zustellen (Abb. 4). Die auffallende Verschiedenheit in der Dicke der Chromosomen, zeigte sich auch später an Schnitten eben geschlüpfter Tiere. Wenngleich in diesen Präparaten eine sichere Zählung nicht mehr möglich ist, erkennt man doch deutlich, dass in der Chromosomenzahl ganz beträchtliche Unterschiede vorliegen. Hervorzuheben ist, dass sich die Sandfelcheneier auch in ihrer Grösse bedeutend von denen der Albeli unterscheiden und dass eine Auszählung der Eier in 0,1 Liter zeigte, dass ca. 6000 Sandfelchen-Eiern etwa 10 000 Albeli-Eier entsprechen. Wenn wir berücksichtigen, dass bei der Abnahme von Laich immer auch einige Eier der anderen Sorte mit eingesammelt werden, so können wir wohl annehmen, dass sich das Eivolumen der beiden Formen tatsächlich wie 1: 2 verhält, also der Chromosomenzahl relativ weitgehend entspricht. Vergleichende Organgrössen-Messung an frisch geschlüpften Tieren der beiden Arten, die an den Augenlinsen ausgeführt wurden, zeigten ein Volumverhältnis von 1: 2,04, woraus erhellt, dass die auch bei grober makroskopischer Betrachtung schon augenfällige Grössendifferenz zwischen den frisch geschlüpften Tieren auch wirklich einem Volumunterschied, der dem des frisch gelegten Eies, sowie der chromosomalen Differenz vollkommen entspricht.

Abb. 3.

Coregonus asperi maraenoides Fat. (Albeli) aus dem Zürichsee, Metaphase platte aus den ersten Furchungszellen. KES.-Quetschpräparat.

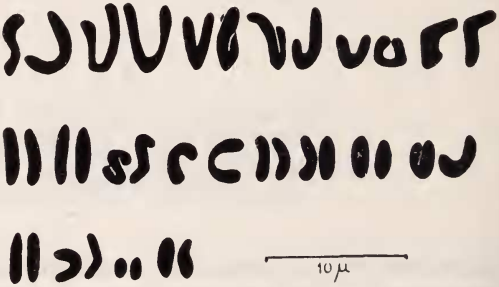

Abb. 4.

Chromosomen aus der in Abb. 3 dargestellten Platte, einzeln heraugsgezeichnet und ungef. nach Form und Grösse geordnet (ca. 36 Chromosomen).

Der Vergleich der Zell- und Kerngrössen zwischen gleichalterigen Tieren zeigte keine Unterschiede; wohl liess sich aber zeigen, dass die Zellzahl sich entsprechend den Volumina verhält, d. h. dass

Abb. 5.

Coregonus wartmanni coeruleus Fat. (Blaufelchen) aus dem Vierwaldstättersee, Metaphaseplatte aus den ersten Furchungszellen. KES-Quetschpräparat.

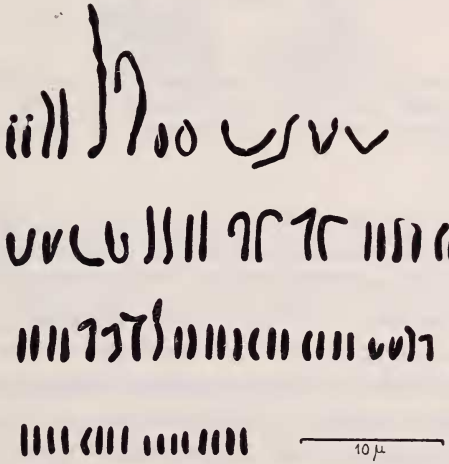

Abb. 6.

Chromosomen aus der in Abb. 5 dargestellten Platte, einzeln herausgezeichnet und ungef. nach Form und Grösse geordnet (ca. 72 Chromosomen).

die Organe bei der kleineren Form aus weniger, aber gleich grossen Zellen aufgebaut sind.

Wenden wir uns nun den beiden untersuchten Formen aus dem Vierwaldstättersee zu, so finden wir beim Blaufelchen wieder ca 72 Chromosomen (Abb. 5), deren Zusammenstellung ähnliche Vierer-Gruppen möglich macht (Abb. 6), wie wir sie beim Sandfelchen (Abb. 2) bereits kennengelernt haben. Als besonderer Unterschied gegenüber den Sandfelchen, fällt wohl die geringere Grösse der hier vorkommenden SAT-Chromosomen auf. Eine Analyse des Weissfischchens wurde nur soweit durchgeführt, als

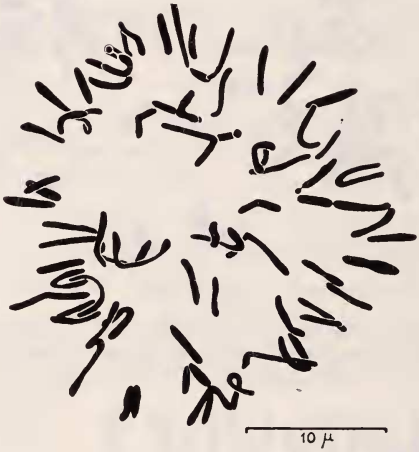

Abb. 7.

Coregonus exiguus albellus Fat. (Weissfischchen) aus dem Vierwaldstättersee, Metaphaseplatte aus den ersten Furchungszellen. Platte konnte nicht vollständig aufgelöst werden (mindestens 70 Chromosomen). KES-Quetschpräparat.

es notwendig erschien um aufzuzeigen, dass wir auch bei dieser Form eine diploide Chromosomenzahl von ca 70 antreffen (Abb. 7).

Es wurden an Ort und Stelle sowohl Blaufelchen mit Blaufelchen als auch Weissfischchen untereinander gekreuzt. Beide intraspezifischen Kreuzungen waren voll fertil (Abb. 5 und 7). Gleichzeitig wurden mit dem gleichen Material Bastardbefruchtungen versucht. Bei der Kreuzung Weissfischchen ♀ × Blaufelchen ♂ entwickelte sich von den ca 2 000 Eiern keines weiter. Die Reziprok-Kreuzung Blaufelchen ♀ × Weissfischchen ♂ (auch ca 2000 Eier) blieb ebenfalls steril. Die Untersuchung einer Reihe Quetschpräparate zeigte in beiden Fällen schlecht gefärbte Kerne, die offenbar

weitgehend degeneriert und zum grössten Teil wohl bereits vor der Fixierung abgestorben waren. Lediglich ein Ei aus der Kreuzung Blaufelchen ♀ × Weissfischchen ♂ entwickelte sich in den angesetz-

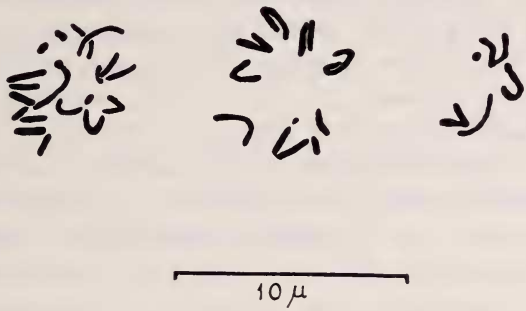

Abb. 8.

Bastard C. wartmanni coeruleus ♀ x C. exiguus albellus ♂. Metaphaseplatte aus dem einzigen erhaltenen Embryo. Die 3 Bilder entsprechen 3 verschiedenen Höhenlagen. (36 ± 1 Chromosomen). Aus 2 aufeinanderfolgenden Schnitten herausgezeichnet, fix. mit Bouin, gef. mit Gallaminblau.

ten Kulturen weiter und wurde auf einem späteren Stadium der Embryonal-Entwicklung fixiert.

Die zytologische Analyse dieses Bastardes liess erkennen, dass die Kerne lediglich ca 36 ± 1 Chromosomen enthielten (Abb. 8),

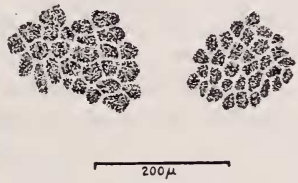

Abb. 9.

Links Pigmentzellen aus dem Auge eines Embryos von C. wartmanni coeruleus, rechts entsprechende Augenpigmentzellen des gleichaltrigen Bastardes C. wartmanni coeruleus x C. exiguus albellus. Die Grössenunterschiede entsprechen nahezu einem Volumverhältniss von 2: 1. Beide fix. mit Bouin, gef. mit Gallaminblau.

also nur n-Chromosomen in bezug auf die beiden Ausgangsformen mit diploid ± 72 Chromosomen (Abb. 5 und 7). Der Vergleich mit normalen Blaufelchen-Embryonen, die zu gleicher Zeit befruchtet und fixiert worden waren, ihre Entwicklung unter den gleichen Temperatur- und Wasserverhältnissen wie der Bastard durchgemacht hatten, zeigte, dass bei gleicher Organgrösse, die Volumina

der Bastardzellen nur halb so gross waren als die der Kontrollen (Abb. 9).

Unser haploider Embryo, hat also entsprechend der Kernplasmarelation kleinere Zellen, bzw. auch kleinere Kerne. Die Organe sind bei gleicher Grösse beim habploiden Bastard aus entsprechend mehr Zellen aufgebaut. Wir können seine Entstehung vorläufig nicht abschliessend deuten. Er kann entweder aus einem reduzierten parthenogenetisch sich entwickelnden Ei als falscher Bastard, d. h. ohne Beteiligung des Spermakernes entstanden sein, oder es könnte sich auch um ein bastardmerogonisches System mit Blaufelchenplasma und Weissfischchenspermakern handeln.

Aus den vorliegenden Befunden können wir wohl schliessen, dass es durch Chromosomenanalyse einerseits, wie bei dem Vergleich vom Sandfelchen und Albeli, und anderseits da wo sich keine sicheren Satzunterschiede zeigen durch Bastardierungsversuche (Blaufelchen und Weissfischchen) möglich ist, einzelne Formen der bei uns vorkommenden Coregonen als selbstständige Genotypen festzulegen.

Die bei dieser vorläufigen Studie erhobenen Befunde zeitigten aber noch eine weitere interessante Feststellung. Während bei dem haploiden Bastardembryo die Zell- und Kernvolumina entsprechend der Chromosomenzahl nur halb so gross waren als bei der diploiden Kontrolle, unterschieden sich die Albeli mit diploid ca 36 Chromosomen nur in der Organgrösse (Gesamtgrösse) von den Sandfelchen (diploid ca 72 Chromosomen) und bei gleichen Kern- und Zellvolumina in der Zellzahl. Wir ersehen daraus, dass bei einem natürlichen Dauersystem, wie es wohl diese beiden Arten darstellen, die physiologisch typische Zell- und Kerngrösse auch bei verschiedener Chromosomenzahl vorhanden sein kann, dass wir es hier mit einem physiologisch gut ausbalancierten System zu tun haben. Auch dieser Befund liesse weitere Untersuchungen als wünschenswert erscheinen.

Zusammenfassung.

Es wird an Hand von 2 Coregonen des Zürichsees gezeigt, dass eine Artabgrenzung auf Grund verschiedener Chromosomenzahlen (*Coregonus schinzii duplex* Fat. 2n ca 72 und *Coregonus asperi maraenoides* Fat. 2n ca 36 Chromosomen) hier möglich ist.

Bei den Blaufelchen (*Coregonus wartmanni coeruleus* Fat.) und dem Weissfischchen (*Coregonus exiguus albellus* Fat.) des Vierwaldstättersees finden sich annähernd gleichzahlige Chromosomensätze (Blaufelchen 2n ca 72 und Weissfischchen 2n ± 70 Chromosomen), doch kann aus dem Misslingen der Bastardierungsversuche auf eine wirksame reproduktive Isolation der beiden Formen geschlossen werden.

Ein haploider Embryo wurde aus der Kreuzung Blaufelchen ♀ × Weissfischchen ♂ erhalten. Dieser Befund wurde auf Grund der Chromosomenzahl 36 ± 1 erhoben und durch entsprechend verringerte Kern- und Zellgrösse erhärtet.

LITERATUR.

1898. Behrens, C. *Reifung und Befruchtung des Forelleneies.* Anat. Hefte 10.

1934. Geitler, L. *Grundriss der Cytologie.* Berlin, Bornträger.

1942. —— *Schnellmethoden der Kern-u. Chromosomenuntersuchung.* 2. Aufl. Berlin-Zehlendorf, Bornträger.

1923. Mrsic, W. *Die Spätbefruchtung und deren Einfluss auf Entwicklung und Geschlechtsbildung experimentell nachgeprüft an der Regenbogenforelle.* Arch. f. mikr. Anat. 98.

1913. Opperman, K. *Die Entwicklung von Forelleneiern nach Befruchtung mit radiumbestrahlten Samenfäden.* Arch. f. mikr. Anat. 83

1934*a)* Prokofiewa, A. *On the chromosome morphology of certain pisces.* Cytologica 5.

1934*b)* —— *Investigation on the chromosome morphology of some Pisces and Amphibia.* C. R. Acad. Sc. URSS. *1934*, I.

1944. Schrader, F. *Mitosis.* Columbia Univ. Press. New York.

1887. Schwarz, E. *Ueber embryonale Zellteilung.* Mitt. a. d. embryolog. Inst. Wien. Bd. II.

1931. Sharp, L. und R. Jaretzky. *Einführung in die Zytologie.* Berlin, Bornträger.

1945. Svärdson, G. *Chromosome studies on Salmonidae.* Medd. St. undersökn.-o. försöksanst. f. sötvattenfisket, Nr. 23.

1928. Wilson, E. B. *The cell in development and heredity.* 3. Aufl. New York, Macmillan.